

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE

SERVICE

de la PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

**BREVET D'INVENTION**

P.V. n° 56.867

N° 1.481.242

Classification internationale :

G 01 f

**Procédé et dispositif de mesure de la hauteur d'un liquide contenu dans une cuve ou analogue.** (Invention : François Régis MARCETTEAU DE BREM.)

Service national dit : GAZ DE FRANCE résidant en France (Seine).

Demandé le 7 avril 1966, à 15<sup>h</sup> 18<sup>m</sup>, à Paris.

Délivré par arrêté du 10 avril 1967.

(Bulletin officiel de la Propriété industrielle, n° 20 du 19 mai 1967.)

(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)

La présente invention a essentiellement pour objets un procédé et un dispositif de mesure de la hauteur d'un liquide, contenu dans une cuve ou analogue, et plus particulièrement dont la masse spécifique peut être variable d'un remplissage à l'autre, et/ou au cours du temps.

Le problème de la mesure de la hauteur d'un liquide contenu dans une cuve se pose avec une acuité particulière, notamment dans le cas du transport et du stockage de liquides cryogéniques. Pour de tels liquides en effet, en particulier pour le gaz naturel liquéfié, on peut être amené à stocker ou transporter ces liquides, sensiblement sous la pression atmosphérique, dans des cuves très soigneusement calorifugées et dont l'accès à toute mesure directe est alors pratiquement impossible. Les températures extrêmement basses de ces liquides (de l'ordre de — 160 °C pour le gaz naturel liquéfié) obligent en effet, à prendre de nombreuses et très sévères mesures de sécurité.

Un problème particulier qui se pose est celui du transport du gaz naturel liquéfié dit G.N.L. à bord de navires méthaniers. Les coûts élevés d'immobilisation du navire conduisent en effet, à effectuer le plus rapidement possible le chargement et le déchargement du navire aux ports respectivement d'embarquement du G.N.L. et de débarquement du G.N.L. Aux ports d'embarquement, il est nécessaire de connaître de façon précise, à chaque instant, le niveau exact de G.N.L. contenu dans une cuve, afin d'éviter des débordements qui seraient très dangereux à la sécurité du personnel et du navire, tandis qu'aux ports d'embarquement et de débarquement, il est nécessaire de connaître la quantité exacte de G.N.L. distribué.

Pour connaître la quantité de liquide cryogénique contenu dans une telle cuve, on utilise habituellement une mesure de pression effectuée à un niveau donné dans la cuve. On obtient ainsi la

hauteur manométrique du liquide. Cependant, le problème se complique souvent du fait que la masse spécifique du liquide cryogénique peut être variable d'un remplissage à l'autre et/ou au cours du temps, ce qui est le cas en particulier du gaz naturel liquéfié dit : G.N.L. qui peut contenir notamment une proportion plus ou moins importante de méthane. Dans ces conditions, la hauteur manométrique mesurée par le détecteur de pression utilisé, ne donne pas la hauteur de remplissage dans la cuve, mais seulement une approximation de cette hauteur, fonction des variations de la masse spécifique du liquide autour d'une masse spécifique moyenne pour laquelle le dispositif de mesure a été initialement taré.

Le procédé de mesure conforme à l'invention est remarquable notamment en ce qu'on utilise un appareil de mesure qui comprend au moins deux sondes de mesure de la pression, plongeant dans le liquide, à des niveaux donnés séparés d'une hauteur constante, on mesure la pression différentielle ( $P_0 - P_1$ ) du liquide entre ces niveaux, on mesure, d'autre part, la pression  $P$  du liquide en un point donné et on en déduit la hauteur  $H$  du liquide par une relation du type :

$$H = K \frac{P}{P_0 - P_1}$$

$K$  étant une constante dépendant des unités choisies et des caractéristiques de construction de l'appareil de mesure.

On comprend que, de la sorte, la pression différentielle  $P_0 - P_1$  entre deux niveaux séparés d'une hauteur donnée, permet dans la relation précitée, d'éliminer la masse spécifique du liquide qui intervient simultanément au numérateur dans la pression  $P$  et au dénominateur dans la différence  $P_0 - P_1$ .

Un dispositif de mesure conforme à la présente

7 210320 7

**Prix du fascicul : 2 francs**



5/19/67

invention est remarquable notamment en ce qu'il comprend au moins deux sondes de mesure de la pression, plongeant dans le liquide à des niveaux donnés, séparés d'une hauteur constante, un dispositif de mesure de la pression différentielle régnant entre ces deux sondes et un dispositif de mesure de la pression régnant en un point donné du liquide, par exemple repérée par l'une des deux sondes précitées.

Avantageusement, la pression  $P$  précitée est mesurée de façon différentielle entre un premier point situé à un niveau donné dans la cuve, par exemple au voisinage de son fond, et un second point dans la phase gazeuse qui surmonte le liquide de la cuve, représentant la hauteur manométrique de la colonne de liquide surmontant ledit premier point. De la sorte, on élimine de la mesure la valeur de la pression de la phase gazeuse qui peut varier dans une certaine mesure et suivre, par exemple, les variations de la pression atmosphérique.

De façon précise, l'invention permet de réaliser un dispositif de mesure extrêmement précis, mais également fidèle, avec lequel on peut obtenir des mesures de la hauteur du liquide contenu dans une cuve avec des erreurs maximales de l'ordre de quelques millimètres pour des hauteurs de plusieurs mètres.

L'invention apparaîtra plus clairement à l'aide de la description détaillée qui va suivre d'un mode de réalisation de l'invention, illustré schématiquement dans les dessins annexés, donnés uniquement à titre d'exemple et dans lesquels :

La figure 1 montre une vue en coupe schématisée d'une cuve remplie d'un liquide et utilisant le dispositif de mesure conforme à l'invention;

La figure 2 est un diagramme de principe illustrant une forme d'utilisation possible des données recueillies par le dispositif de mesure schématisé dans la figure 1;

La figure 3 est une vue semblable à celle de la figure 1 illustrant une variante.

Suivant le mode de réalisation schématisé dans la figure 1, on a montré une cuve 10 remplie d'un liquide 11.

Conformément à l'invention, pour mesurer la hauteur de remplissage de la cuve 10, on a disposé trois sondes de mesure de la pression, respectivement 12, 13, 14 aux points repérés O, I, et A. La sonde 14 a été placée dans l'atmosphère gazeuse 15 qui surmonte le liquide 11, étant entendu que le liquide ne doit pas dépasser un niveau maximal de remplissage qui est, par exemple, le niveau atteint par le liquide dans la figure 1.

Entre les niveaux O et I, il existe une certaine différence de hauteur repérée  $h$  dans le dessin.

Entre les sondes 12 et 13, on peut ainsi mesu-

rer, du moins lorsque la cuve 10 est remplie de liquide au-dessus du niveau du point I, une pression différentielle ( $P_O - P_I$ ) qui correspond à la hauteur manométrique du liquide 11 sur une hauteur  $h$ . En d'autres termes, on a la relation :

$$P_O - P_I = m_s \times h$$

$m_s$  étant la masse spécifique du liquide considéré.

De la même manière, entre les points O et A, on peut mesurer une différence de pression ( $P_O - P_A$ ) qui, en faisant abstraction de la hauteur manométrique de la colonne gazeuse entre le niveau supérieur 17 du liquide et le point A, représente la valeur :

$$P_O - P_A = m_s \times H$$

$m_s$  étant la masse spécifique du liquide stocké et  $H$  la hauteur séparant le niveau maximal 17 du niveau du point O.

Si, pour une cuve de stockage de transport donné, la masse spécifique du liquide stocké est sensiblement homogène, à tous les niveaux de la cuve (c'est-à-dire s'il n'y a pas de stratification excessive du liquide), on en déduit immédiatement, la hauteur  $H$  cherchée :

$$H = h \times \frac{P_O - P_A}{P_O - P_I}$$

ou en appelant  $P$  la différence des pressions ( $P_O - P_A$ )

$$H = K \frac{P}{P_O - P_I}$$

$K$  étant une constante dépendant des unités choisies et de la valeur donnée à  $h$ .

Il y a lieu maintenant de remarquer ce qui suit :

La comparaison des signaux de pression respectivement  $s = P_O - P_I$  et  $S = P_O - P_A$ , permet comme on vient de le voir, de déterminer immédiatement la hauteur  $H$  du liquide au-dessus du point O. Si le point O est à un niveau  $b$  au-dessus du fond 16 de la cuve, on en déduit immédiatement le niveau total du liquide contenu dans la cuve et égal à ( $H + b$ );

Le principe de la mesure effectuée suppose implicitement la constance de la masse spécifique  $m_s$  du liquide aux différents niveaux de la cuve. Cependant, le principe de la mesure conforme à l'invention peut s'appliquer même si la masse spécifique du liquide 11 n'est pas parfaitement constant en tous points, autrement dit si le liquide est sujet à une certaine stratification. Si c'est le cas, il y aura alors avantage à disposer les sondes 12 et 13 à une hauteur suffisante  $b$  au-dessus du fond de cuve 16 pour éviter que la mesure de masse spécifique qui s'effectue entre les points O et I soit affectée par les couches particulièrement denses du fond de cuve. Par exemple, dans le cas de stockage ou de transport de G.N.L. dans des cuves

de l'ordre de 10 à 15 m de hauteur, on aura avantage à disposer le point O par exemple à plus de 2 m au-dessus du fond de la cuve et à donner à la dénivellation  $h$  une valeur de l'ordre de 2 m. Si l'on a affaire à des liquides de masse spécifique particulièrement hétérogène et donnant naissance à la superposition de couches stratifiées s'étagant sur toute la hauteur de la cuve, on pourra avoir avantage, pour déterminer de façon précise le niveau de remplissage maximal de la cuve, à utiliser des sondes 12 et 13 placées sensiblement à mi-hauteur de la cuve et le plus éloignées possible, de façon à mesurer ainsi entre ces sondes, une valeur moyenne de la masse spécifique, dans une couche moyenne du liquide stocké et dans une coupe de largeur maximale. En variante, on pourra également doubler les sondes 12 et 13 aux points O et I par des sondes 12' et 13' aux points O' et I' placés au voisinage du sommet de la cuve et par exemple distant d'une hauteur  $h' = h$ . En effectuant une moyenne des données recueillies par les deux couples de sondes 12-13 et 12'-13' on peut déduire une valeur moyenne de la masse spécifique du liquide dans la cuve.

Suivant un mode de réalisation préféré de l'invention, les sondes de mesure de la pression sont constituées par des tubes 18, 19 et 20, débouchant dans la cuve 10 aux points O, I et A et dans lesquels on fait passer un faible débit d'un gaz non condensable dans le liquide 11 stocké et qui ne réagisse pratiquement pas chimiquement ou physiquement (dissolution, absorption, etc.) sur le liquide. Le débit de gaz dans les tubes 18, 19 et 20 étant très faible, la perte de charge dans ces tubes est pratiquement nulle, et en conséquence les pressions nécessaires à injecter du gaz par ces tubes aux différents points O, I et A de la cuve mesurent sensiblement les pressions  $P_0$ ,  $P_I$  et  $P_A$  régnant en ces points.

Les conduites 18, 19 et 20 sont amenées jusqu'à un des capteurs 21 et 22.

Les capteurs 21 et 22 qui servent à mesurer les pressions différentielles entre les points O et I et les points O et A peuvent être d'un type quelconque, par exemple électriques, électromagnétiques, à fil résistant, à semi-conducteur, etc. Dans ces cas, les signaux  $s$  et  $S$  reçus par le dispositif, se présentent habituellement sous la forme de différences de potentiel proportionnelles aux pressions respectives mesurées  $P_0 - P_I = P_0 - P_A$ .

Les données ou signaux  $s$  et  $S$  sont appliqués à un appareil comparateur 23 tel qu'un « ratiomètre », quotientmètre, galvanomètre à cadres croisés, potentiomètre asservi, diviseur analogique, etc. fournissant le quotient des signaux  $S$  et  $s$ , c'est-à-dire en définitive, un signal de sortie  $S_1$  mesurant la hauteur  $H$  cherchée. Le signal  $S_1$  peut être appliqué à un appareil 24 tel qu'un

voltmètre, un enregistreur, une imprimante, etc.

Si dans la cuve 10, on stocke du G.N.L. on utilise avantageusement comme gaz non condensable dans les tubes 18 à 20, de l'azote. Evidemment, la nature du gaz non condensable varie en fonction de la nature du liquide stocké. Par exemple, si l'on effectuait un stockage d'hydrogène liquide, on pourrait utiliser, comme gaz non condensable, de l'hélium.

Eventuellement, et avantageusement, l'appareil de mesure sera taré lors d'un premier essai de remplissage, de façon notamment, à tenir compte des diverses erreurs qui peuvent être introduites, par exemple du fait d'une certaine perte de charge dans les conduits 18 à 20, si la distance séparant la cuve 10 des capteurs 21 et 22 est trop importante. Le tarage effectué pour un débit donné de gaz injecté par les conduits 18 à 20, reste alors valable pour les diverses mesures ultérieures.

Il y a lieu de noter qu'en prévoyant simplement trois sondes de pression du type 12, 13 et 14, il est possible, au moyen du dispositif de mesure de l'invention, d'évaluer exactement la hauteur  $(H + b)$  de liquide contenu dans la cuve 10, de mesurer la masse spécifique du liquide, la pression régnant en fond de cuve, la pression de la phase gazeuse, etc.

Suivant une variante de réalisation illustrée dans la figure 3 on peut adjoindre au dispositif précédemment décrit un dispositif complémentaire de mesure permettant de détecter de façon précise la fin du remplissage d'une cuve.

On peut ainsi prévoir une sonde supplémentaire 25 de mesure de la pression placée en un point B situé en dessous du niveau 17 maximal de remplissage de la cuve et à faible distance de ce niveau, par exemple à quelques centimètres ou dizaines de centimètres seulement en dessous du niveau 17.

Il en résulte qu'un capteur (non représenté) monté sur le tube de mesure 26 ou analogue relié à la tête de sonde 25, permet de mesurer la pression régnant au point B. Tant que la cuve n'est pas près de son niveau maximal de remplissage, la pression régnant au point B est la pression régnant dans l'atmosphère gazeuse 15 de la cuve. Cette pression varie brusquement lorsque le niveau du liquide stocké dépasse le niveau du point B, et il est alors facile de déterminer de façon précise, par exemple à quelques millimètres près la hauteur de remplissage de la cuve entre le niveau du point B et le niveau maximal 17 fixé.

Avantageusement au lieu de mesurer la pression  $P_B$  régnant au point B, on mesurera la différence des pressions  $P_B - P_C$  entre le point B et un point C situé dans l'atmosphère gazeuse 15. La pression au point C est mesurée par une sonde composée d'une tête de sonde 27 et d'un tube 28. La pres-

sion différentielle  $P_B - P_C$  est captée par un capteur 29.

Dans ces conditions, il y a lieu de remarquer que tant que le niveau du liquide dans la cuve n'a pas atteint le niveau du point B la pression différentielle  $P_B - P_C$  indiquée par le capteur 29 est nulle cette pression donnant directement la hauteur manométrique du liquide au-dessus du point B. La précision de la mesure est maximale dans ces conditions.

Il est bien évident que la sonde 25, 26 peut être précisément la sonde 13', 19' de la figure 1, et que de même la sonde 27, 28 peut être précisément la sonde 14, 20 de la figure 1. Dans ces conditions, le capteur 29 serait monté en parallèle sur les tubes 19' et 20.

Evidemment tout dispositif de sécurité de remplissage peut être adjoint au dispositif de la figure 3 (et/ou des figures 1 et 2) et par exemple commandé par le signal de sortie du capteur 29, (et/ou du capteur 22 ou quotientmètre) pour arrêter le remplissage de la cuve lorsque le liquide atteint le niveau maximal 17 fixé.

Le capteur 29 peut en particulier commander un détecteur de seuil détectant le niveau 17.

Eventuellement, le capteur 29 peut être constitué par le capteur 21, si l'on prend soin de commuter lorsqu'on approche du remplissage de la cuve les conduits 18 et 19 avec les conduits 26 et 28 respectivement.

Bien entendu l'invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits et représentés qui n'ont été donnés qu'à titre d'exemple.

#### RÉSUMÉ

L'invention a essentiellement pour objets :

I. Un procédé de mesure de la hauteur d'un liquide contenu dans une cuve ou analogue, et dont la masse spécifique peut être variable d'un remplissage à l'autre et/ou au cours du temps, ledit procédé étant remarquable notamment par les caractéristiques suivantes, considérées séparément ou en combinaison :

a. On utilise un appareil de mesure qui comprend au moins deux sondes de mesure de la pression, plongeant dans le liquide à des niveaux donnés, séparés d'une hauteur constante, on mesure la pression différentielle ( $P_0 - P_1$ ) du liquide entre ces niveaux, on mesure d'autre part, la pression  $P$  du liquide en un point donné et l'on déduit la hauteur  $H$  du liquide dans une relation du type :

$$H = K \frac{P}{P_0 - P_1}$$

$K$  étant une constante dépendant des unités choisies et des caractéristiques de construction de l'appareil de mesure;

b. La sonde qui sert à mesurer ladite pression  $P$  du liquide est l'une des deux sondes précitées

servant à mesurer ladite pression différentielle;

c. Les pressions aux niveaux des sondes sont transformées par des capteurs en indications électriques, par exemple de tension, qui sont appliquées à un appareil électrique de mesure qui fournit directement la hauteur  $H$ .

II. Un procédé de mesure, en particulier de fin de remplissage d'un liquide versé dans une cuve, remarquable notamment par les caractéristiques suivantes, considérées séparément ou en combinaison :

a. On utilise au moins une première sonde de mesure de la pression située dans la cuve à un niveau très voisin mais quelque peu inférieur au niveau maximal de remplissage de la cuve, laquelle sonde donne la pression régnant en ce point;

b. On utilise en outre une deuxième sonde de mesure de la pression située dans la cuve à un niveau supérieur au niveau maximal de remplissage de la cuve, et l'on mesure la pression différentielle entre cette sonde et la première sonde précitée, de sorte que ladite pression différentielle est nulle tant que le liquide n'a pas atteint ladite première sonde, et croît ensuite proportionnellement à la hauteur de liquide au-dessus de ladite première sonde.

III. — Un dispositif de mesure pour la mise en œuvre du procédé précité en I et II, ledit dispositif étant remarquable notamment par les caractéristiques suivantes, considérées séparément ou en combinaison :

a. Il comprend au moins deux sondes de mesure de la pression plongeant dans le liquide à des niveaux donnés séparés d'une hauteur constante, un dispositif de mesure de la pression différentielle régnant entre ces deux sondes, et un dispositif de mesure de la pression  $P$  régnant en un point donné du liquide, par exemple repérée par l'une des deux sondes précitées;

b. La pression  $P$  précitée est mesurée entre un premier point situé à un niveau donné dans la cuve, par exemple au voisinage de son fond, et un second point de la phase gazeuse qui surmonte le liquide de la cuve, représentant la hauteur manométrique de la colonne de liquide surmontant ledit premier point;

c. Il est prévu au moins une sonde de mesure de la pression située dans la cuve à un niveau très voisin mais quelque peu inférieur au niveau maximal de remplissage de la cuve laquelle sonde donne la pression régnant en ce point;

d. Une sonde de mesure de la pression située dans la cuve à un niveau supérieur au niveau maximal de remplissage de la cuve est associée à la sonde précitée en c, et l'on mesure la pression différentielle entre ces deux sondes, de sorte que ladite pression différentielle est nulle tant que le liquide n'a pas atteint la première sonde précitée

en *c*, et croît ensuite proportionnellement à la hauteur de liquide au-dessus de ladite première sonde;

*e*. Suivant un mode de réalisation les sondes sont constituées par des tubes pénétrant dans le liquide à l'endroit où l'on veut mesurer la pression et dans lesquels on fait passer un faible débit d'un gaz non condensable dans le liquide et sans action physico-chimique notable sur lui, la pression du gaz dans les tubes mesurant sensiblement la pression cherchée du liquide;

*f*. Lesdites sondes sont raccordées à des capteurs qui fournissent des signaux électriques fonction des pressions mesurées;

*g*. Les signaux fournis par les capteurs associés aux sondes précitées en *a* et *b* sont appliqués à un dispositif qui en effectue automatiquement le quotient fournissant à sa sortie la hauteur du liquide contenu dans la cuve;

*h*. Le dispositif précité en *g* fournit en outre la

pression en fond de cuve et la masse spécifique du liquide;

*i*. Des signaux produits par des capteurs associés aux sondes précitées en *c* et *b* sont appliqués à un dispositif qui donne la hauteur du liquide contenu dans la cuve au-dessus de la sonde précitée en *c*, à proximité du niveau maximal de remplissage de la cuve;

*j*. Il est prévu des dispositifs d'enregistrement, de lecture, d'impression, de perforation, de commutation, de sécurité, etc., associés.

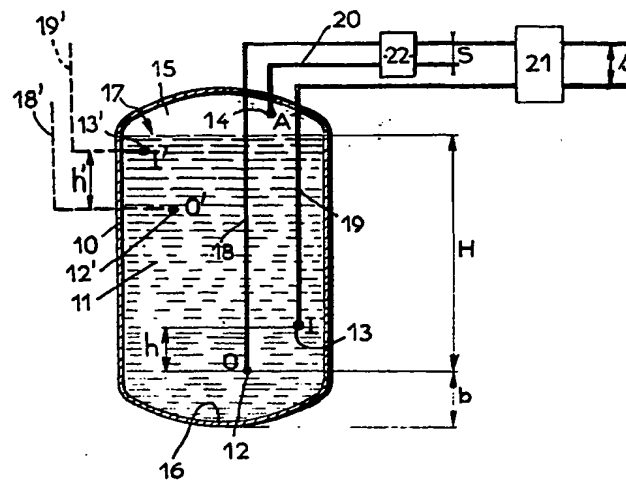
IV. Des cuves, en particulier de transport ou de stockage de gaz naturel liquéfié, utilisant le procédé et/ou le dispositif de mesure précité en I, II et III.

Service national dit : GAZ DE FRANCE

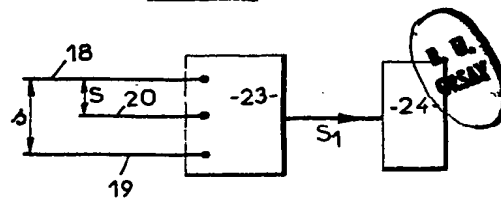
Par procuration :

Z. WEINSTEIN

**Fig. 1.**



**Fig. 2.**



**Fig. 3.**

